



## Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræneler

Kern-Jespersen, Henriette; Janniche, Gry Sander; Christensen, Anders G.; Grosen, Bernt; Jørgensen, Torben; Broholm, Mette Martina

*Published in:*  
Jordforurening.info

*Publication date:*  
2013

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Kern-Jespersen, H., Janniche, G. S., Christensen, A. G., Grosen, B., Jørgensen, T., & Broholm, M. M. (2013). Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræneler. *Jordforurening.info*, (1), 14-19. [http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/97/Blad\\_113\\_.pdf](http://www.jordforurening.info/filer/avjinfo/97/Blad_113_.pdf)

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## INDHOLD

- 2 Pesticiddatabasen
- 6 Forureninger vi aldrig fandt
- 10 Kort Info
- 11 DNAPL
  - samarbejdsprojekt mellem DTU og RH
- 14 Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræner
- 20 Undersøgelsesmetoder til karakterisering af DNAPL i kalk
- 24 Artikelovervågning

Leo Ellgaard  
3529 8183  
le@regioner.dk

Kit Jespersen  
3529 8185  
kij@regioner.dk

Christian Andersen  
3529 8175  
can@regioner.dk

Peter Steffen Rank  
3529 8158  
psr@regioner.dk

## Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22  
Postboks 2593  
2100 København Ø  
jordforurening@regioner.dk  
www.jordforurening.info  
Fax 3529 8300

# Jordforurening.info

## 13

## Leder

### Natur og overfladevand

Så blev den længe ventede ændring af jordforureningsloven fremsat. Ændringen skal sikre en systematisk håndtering af jordforureninger, der truer overfladevand og natur.

Lovforslaget har været førstebehandlet i Folketinget og blev generelt godt modtaget. Lovforslaget tager da også fat på et væsentligt problem, og det søger at holde en meget vanskelig balance. Der er foreslået en model, som har en chance for at fungere under den p.t. allestedsværende præmis - at det ikke må koste noget. En præmis man kan diskutere fornuften i på de enkelte områder, men en præmis det er klogt at tage ad notam, hvis der overhovedet skal ændres noget.

Og en ændring er nødvendig. Ikke kun for at afværge risikoen for at få en EU-sag på halsen, men også fordi det fagligt giver god mening. Da den nuværende jordforureningslov blev til, blev målet om at håndtere alle jordforureninger opgivet, og der blev fokuseret på grundvand og menneskers sundhed. En fornuftig fokusering, men den gik lidt for vidt ved næsten at udelukke en indsats i forhold til natur og overfladevand.

Der er utvivlsomt forureninger, som har en betydelig negativ påvirkning af vores vandløb. Det er langt færre end dem, man

kortlagde i starten, og tiden har modnet muligheden for at gennemføre en fornuftig risikovurdering. Nu gælder det om at finde "de få rå, der truer den fine å", som en kollega formulerede det.

Opgaven bliver ikke let. Der vil være delte meninger om, hvornår en påvirkning er "betydelig". Der er endnu ikke færdigudviklede værktøjer til at gennemføre arbejdet med at opspore og risikovurdere "de rå". For at få et solidt grundlag for arbejdet og dermed mulighed for at få ro omkring det, er det derfor afgørende, at staten står ved sit ansvar for at kunne træffe de overordnede valg. Det fremgår klart af lovbemærkningerne, at Miljøministeriet har tænkt sig at gøre netop det.

Som alle lovforslag har også dette skønhedsfejl. Danske Regioner har foreslået en række mindre ændringer, som ville forbedre og forenkle administrationen. De er blevet afvist med en bemærkning om, at konsekvenserne ikke er tiltrækkeligt belyst. Det forekommer at være en lidt for let måde at afvise forslagene på. Men da ændringerne er af klart mindre betydning end at få taget fat på overfladevands- og naturproblematikken, skal det ikke overskygge glæden ved, at der nu sker noget på området. Og vi trækker gerne i arbejdstøjet for at bidrage til det bedst mulige administrationsgrundlag.

# Pesticiddatabasen

## – nyttige data til arbejdet med pesticider i jord og grundvand

Af Sandra Roost, Orbicon A/S

På VJ's hjemmeside findes der et meget nyttigt værktøj, som indeholder oplysninger om næsten 600 pesticider. Det er oplysninger om bl.a. standartkode, typer (herbicer mv.), grupper (phenoxysyrer mv.) og moderstoffer/metabolitter. Derudover er der oplysninger om salgstal for aktivstofferne, brancher og afgrøder samt fysiske/kemiske data for udvalgte pesticider.

Databasen kan anvendes af en meget bred gruppe brugere, herunder kommuner, vandforsyninger, regioner og rådgivere samt andre, der arbejder med pesticiders opførsel i jord og grundvand. Databasen kan både anvendes på det stadie, hvor man udelukkende har historiske oplysninger om en mulig pesticidkilde og så på det stadie, hvor der er konstateret indhold af pesticider, og der f.eks. skal foretages en risikovurdering for en indvinding eller en grundvandsressource.

### Baggrund

I 2007 blev der udviklet en pesticiddatabase i samarbejde med Danmarks Jordbrugsforskning for Miljøstyrelsen, Region Syddanmark, Videncenter for Jordforurening og NIRAS. Det faglige grundlag for databasen er beskrevet i "Pesticidtruslen mod grundvandet fra pesticidpunktkilder på oplandsskala", Miljøprojekt nr. 1152 fra 2007. Orbicon har efterfølgende i 2012 foretaget en gennemgang af den eksisterende database i samarbejde med VJ og de fem regioner. Dette med henblik på en opdatering og udvidelse af data samt øge anvendelsen af databasen i det daglige arbejde med pesticider og jordforurening.

Pesticiddatabasen har fået et nyt design og kan fortsat findes på VJ's hjemmeside under værktøjer <http://jordforurening.info/pesticiddata/index.php>



### Velkommen til Pesticiddatabasen

Dette er en database over størstedelen af de pesticider, som er anvendt i Danmark siden 1950'erne. Den indeholder ca. 600 pesticider med standardoplysninger såsom pesticidtyper og -grupper, samt hvilke brancher de er anvendt i og til hvilke afgrøder. Derudover er der for de mest anvendte pesticider indhentet fysiske og kemiske parametre. Disse oplysninger finder du via søgefunktionen "Pesticiddata". Derudover kan du under "Vejledning" finde en beskrivelse af de parametre, som findes under de enkelte pesticider.

Pesticiddatabasen blev etableret i 2007 i samarbejde med Danmarks Jordbrugsforskning for Miljøstyrelsen, Region Syddanmark, Videncenter for Jordforurening og NIRAS. Det faglige grundlag for databasen er beskrevet i "Pesticidtruslen mod grundvandet fra pesticidpunktkilder på oplandsskala", Miljøprojekt nr. 1152 fra 2007. I 2012 har Orbicon A/S foretaget en udvidelse og opdatering af databasen for Videncenter for Jordforurening på baggrund af det samme faglige grundlag.

God fornøjelse!

### Tilpasning af brugerfladen og søgemulighederne

Indgangen til Pesticiddatabasen er ændret, således at der nu ikke længere kræves login, samt at der på forsiden er en kort introduktion til databasen samt tre valgmuligheder i oversigten til venstre:

- Pesticiddata
- Vejledning til anvendelse af databasen
- Eksterne links

I forbindelse med opdateringen af databasen var der ønske om en udvidet søgemulighed afhængig af behovet. Det kan være historiske oplysninger (brancher, salgsperiode mv.) i forbindelse med planlægning af en forureningsundersøgelse eller fysiske/kemiske data i forbindelse med vurdering af undersøgelsesresultatet. Derfor er det nu muligt via et filter at specificere en søgning efter navn, standartkode, pesticidtype, pesticidgruppe, salgsperiode, branche og/eller afgrøde.

Under "Vejledning" kan brugeren finde en kort vejledning, som dels beskriver søgemulighederne samt de parametre, som der indgår i databasen. Meningen er, at brugeren skal kunne bruge Pesticiddatabasen uden at skulle slå op Miljøprojekt nr. 1152, som er det faglige grundlag for den eksisterende database. Såfremt brugeren får brug for yderligere information, bliver der flere steder henvist til miljøprojektet.

I vejledningen er der endvidere lavet en kort beskrivelse af de databaser, hvor der er indhentet data fra. På den måde har brugeren mulighed for at indhente data for pesticider, som ikke indgår i den nye database samt indhente andre data, som er blevet fravalgt i forbindelse med opdateringen af databasen (handelsnavne, dosering, økotoxikologi mv.).

### Udvidelse af databasen

Der er sket en udvidelse af antallet af pesticider i databasen efter bl.a. ønske fra regionerne. Databasen er bl.a. blevet suppleret med de pesticider, som fremgår af Miljøstyrelsens bekæmpelsesstatistikker, og som ikke allerede var i den eksisterende database.

Derudover har regionerne i forbindelse med deres EU-udbud af analyser lavet en kortlægning af de pesticider, som skal indgå i deres analysepakker. Databasen er derfor suppleret med disse pesticider, såfremt de ikke eksisterede i databasen i forvejen. For pesticiderne, som indgår i regionernes analysepakker, er der ud over standardoplysningerne også indhentet fysisk/kemiske oplysninger.

I forbindelse med udvidelse af databasen er der anvendt det samme faglige grundlag, som var anvendt i forbindelse med den eksisterende database, og som er beskrevet i Miljøprojekt nr. 1152.

Den eksisterende database indeholdt 173 pesticider, hvor der for de 61 af pesticiderne var indhentet yderligere fysiske/kemiske oplysninger. Databasen er nu udvidet, så den indeholder 597 pesticider, hvoraf der for 113 pesticider nu findes fysiske/kemiske data.

## **Moderstoffer og metabolitter**

Der er for hvert stof angivet, hvorvidt det optræder som moderstof eller metabolit. For alle moderstoffer er der tilknyttet de metabolitter, som fremgår i litteraturen. Det vil sige, at der også er tilknyttet metabolitter, som ikke nødvendigvis indgår med yderligere oplysninger i Pesticiddatabasen. For de metabolitter, hvor der eksisterer yderligere oplysninger i Pesticiddatabasen, er der indsat et link hertil. Ligeledes er der for alle metabolitter indsat et link til moderstoffet.

## **Pesticidtyper og -grupper**

Hvert stof kan have tilknyttet en eller flere pesticidtyper, såsom herbicid, insekticid osv. Derudover kan hvert stof inddeles i én pesticidgruppe, såsom phenoxysyrer, triaziner osv. I det omfang det har været muligt, er disse oplysninger tilknyttet det enkelte pesticid. Der er taget udgangspunkt i "The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009" – IPCS International Programme on Chemical Safety (IPCS). Det har dog været nødvendigt at supplere listen med andre typer, som mikrobiocider, tilsætningsmidler og afskrækningsmidler samt botaniske og uorganiske grupper.

Der er stoffer, f.eks. metabolitter, som ikke er aktive pesticider og derfor ikke tilknyttet en egentlig pesticidtype eller -gruppe. Disse stoffer har fået betegnelsen "ikke aktivt" og "ikke klassificeret" for henholdsvis type og gruppe. For andre stoffer findes der ingen oplysninger om, hvilken type eller gruppe de tilhører, og disse er derfor markeret med "ikke oplyst".

## **Branche og afgrøder**

Der er indhentet oplysninger om, hvilken branche der ofte har anvendt pesticiderne, og til hvilke afgrøder de typisk har været anvendt. Det har dog ikke været muligt at finde brancher for alle stoffer. For nogle stoffer er der ikke tale om anvendelse i forbindelse med en egentlig branche, men nærmere en bred anvendelse som ukrudtsbekæmpelse på græsarealer og lignende.

## **Salgstal for pesticiderne**

For de pesticider, som har været en del af bekæmpelsesmiddelstatistikkerne, er der optegnet et diagram, som viser salget af det enkelte pesticid i perioden fra 1956-2010. For de stoffer, hvor salget har været under 1 kg om året, er der ikke medtaget et diagram herfor.

For yderligere oplysninger om bekæmpelsesmiddelstatistikkerne henvises der til Miljøstyrelsens hjemmeside. Her kan der også findes oplysninger om salgstallene inden for landbruget siden 1990, salg til private haver og forbruget på offentlige arealer.

### Den opdaterede Pesticiddatabase

Efter opdatering og udvidelsen af databasen indeholder den nu 579 pesticider, hvor der er tilknyttet:

- Pesticidgruppe på 489 pesticider, resten er enten ikke klassificeret eller været muligt at indhente oplysninger om.
- Pesticidtyper på 535 pesticider, resten er enten ikke aktiv eller været muligt at indhente oplysninger om.
- Fysiske/kemiske data på 113 pesticider.
- Diagrammer med salgstal for 452 pesticider.
- Brancher på 407 pesticider, resten har det ikke været muligt at finde oplysninger om.
- Afgrøder på 322 pesticider, resten har det ikke været muligt at finde oplysninger om.

Derudover er der tilknyttet moderstoffer og metabolitter med link i mellem hvert pesticid, så der kan klikkes frem og tilbage mellem de enkelte stoffer.

# Forureninger vi aldrig fandt

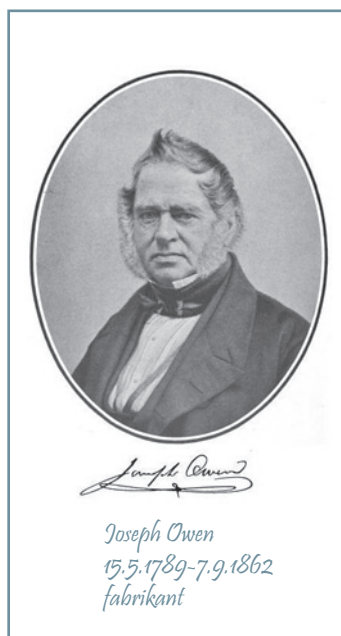
Af Stefan Outzen, OutzenPro

De første års kortlægning var præget af begrundet gætning, og der er derfor en vis risiko for, at vi ikke lige gættede, at ristning af svovlkis medfører kisaske med højt indhold af arsen, og at denne ristning er grundstammen i fremstilling af superfosfat. Vi var heller ikke meget opmærksomme på den kemiske industris barndom i anden halvdel af 1800-tallet. Har vi overset noget vigtigt?

## Baggrund

I 1992 gennemførte Århus Amt det hidtil dyreste afværgeprojekt i Danmark, idet ca. 30 parcelhusgrunde fik skiftet jorden ud efter en kraftig forurening med bly og arsen. Forureningen skyldtes Mundelstrup Gødningsfabrik, der i 1871–1925, som en del af fremstillingen af superfosfat, fremstillede svovlsyre ved ristning af svovlkis og behandling af svovlilte ved den såkaldte blykammermetode.

I 1996 blev en anden tilsvarende fabrik på Sjælland identificeret, og arealet, hvor den lå på, er også undersøgt. Billedet er det samme som i Mundelstrup om end på et mindre areal, skønt fabrikken var i drift i kortere tid.



Nærmere granskning af disse gødningsfabrikkers opkomst viser, at der har været flere fabrikker, som vi måske ikke har kendskab til eller har angrebet forkert. Hovedkilden til kortlægningerne var jo forskellige trykte fortegnelser, som optrådte i handelskalendere, telefonbøger og vejvisere, og da de første udkom omkring år 1900 var disse fabrikker for længst ophørt igen. Kun Mundelstrup Gødningsfabrik af denne første generation af kemiske fabrikker overlevede ind i telefonbogens tidsalder. Her var kilden til opklaring af forureningskilden Superfos, som ejede fabrikken i de sidste år.

Forskellige kilder oplyser, at der rundt om i landet blev etableret omkring 16 superfosfatfabrikker i 1860'erne og første halvdel af 1870'erne. En af dem, en fabrik i Aalborg, producerede ikke selv svovlsyre, men det gjorde de øvrige tilsyneladende. Det drejer sig om fabrikker i Hellerup, Horsens, Kalundborg, Kastrup, Kerteminde, Kolding, Korsør, København, Mariager, Maribo, Odense, Viborg og Århus.

Fra 1902 har Aktieselskabet Dansk Svovlsyre- & Superphosphat-Fabrik, eller i daglig tale "Dansk Svovlsyre", monopol på fremstillingen af superfosfat i Danmark, og på nær fabrikken i Mundelstrup, som blev overtaget samme år, og moderfabrikken i Kastrup blev de nyere fabriksanlæg etableret i havne, nemlig Nørresundby, Fredericia og Kalundborg.

Den oprindelige metode til fremstilling af superfosfat er faktisk fortsat blevet benyttet til op i 1960'erne. Det betyder, at affaldet har været det samme, nemlig arsenholdig kisaske og blyulfat. Mængderne har været meget omfattende, og de omkringliggende lossepladser har antagelig modtaget dette affald.

Arsen har ikke været blandt de stoffer, vi har ledt mest efter, og det er måske en fejl! Bortset fra brugen af arsen ved træimprægnering og fremstilling af grønne farver til maling, har vi ikke haft blik for arsen, før vi opdagede det i en frugtplantage. Miljøstyrelsens massestrømsanalyse for bl.a. arsen i "Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7, 1985: Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel" ser alene på den industrielle brug af arsen, men overser restprodukter, der formentlig i volumen langt overgår den udnyttede del.

Der henligger således formentlig store mængder arsen på visse lossepladser, ligesom vi formentlig har til gode at finde de fabriksgrunde, hvor der ligeledes må forventes at henligge arsenholdig kisaske.

Arsen er ganske giftigt, og modsat tungmetallerne er arsen mobilt. Med tiden vil det nå grundvandet.

### **Den kemiske industris opståen**

Den kemiske industris fødsel dateres normalt til 1740, hvor man i England begyndte at fremstille svovlsyre. Mærkeligt nok ved man ikke, hvad denne syre blev anvendt til, men et hundrede år senere havde produktet banet vejen for sin egen efterspørgsel.

Det var således i 1842, at de engelske kemikere John Bennet Lawes og Joseph Henry Gilbert fandt på at hælde svovlsyre over benmel for at fremstille en kunstgødning, der kunne tilføre planter fosfor (som man dengang troede var hovedproblemet), nemlig superfosfat eller calciumhydrogenfosfat ( $\text{CaHPO}_4$ ).

Omtrent samtidig var der en østriger, der fandt på at blande salpetersyre med koncentreret svovlsyre. "Han nåede ikke selv at opleve, hvilken fortræffelig opdagelse han havde gjort", læste jeg et eller andet sted. Han sprang i luften, forstås! Det var nitriersyren, han havde opdaget. Mere heldig var den italienske kemiker Ascanio Sobrero, der blandede nitriersyren i glycerin og opfandt nitroglycerinen (1846), som var grundlaget for Alfred Nobels opfindelse af dynamitten (1867).

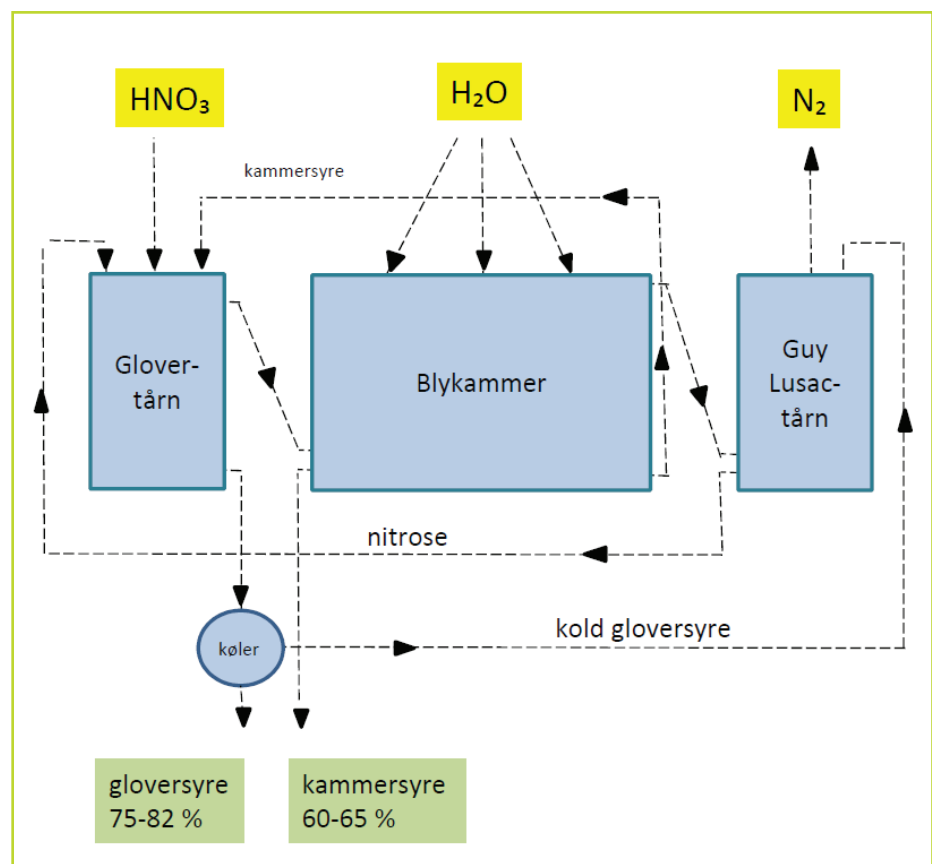
Endelig blev svovlsyre efterspurgt som dispergeringsmiddel ved fremstilling af tekstilfarver.



### Svovlsyreproduktion i Danmark

Fremstillingen af svovlsyre fik således sin berettigelse i rigelig grad. Men efterspørgslen steg samtidig med, at svovl blev en mangelvare. Den væsentligste kendte forekomst af svovl i Europa var på sicilianske hænder, og efterspørgslen fik det sicilianske monopol til at tredoble prisen i 1838, skriver Styhr Petersen i "Svovlsyre i Danmark" (1992). Det medførte, at der blev udviklet andre måder til at fremstille svovlsyren. Man begyndte at anvende forskellige metalsulfidmalme som zinkblende ( $\text{ZnS}$ ), kobbermalmen chalcopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ ) og især pyrit eller svovlkis ( $\text{FeS}_2$ ).

Svovlsyre er igennem 100 år produceret ved den såkaldte blykammermetode, som er illustreret i figuren nedenfor.



Ved blykammermetoden ledes ristegas fra ovnen ind i Glover-tårnet, hvor den bringes i kontakt med nitrose (nitrogenoxidholdig svovlsyre fra Gay-Lussac-tårnet). Der sker her en begyndende svovlsyredannelse, idet svovldioxid af nitrogenoxiderne oxideres til svovltrioxid, og den proces fuldføres i blykamrene. Svovlsyre udfældes på kamrenes vægge og bund, og ristegassen, befriet for sit svovldioxidindhold, ledes ind i Gay-Lussac-tårnet, hvor nitrose gendannes ved absorption af gassens indhold af nitrogenoxider. Produkterne fra blykammerprocessen er to svovlsyrer i to styrker kaldet hhv. kammersyre og gloversyre.

Den kemiske reaktion i blykamrene er langsom, og kamrene skulle derfor være store, ofte med en grundflade på 40 m<sup>2</sup> og en højde på 20 m. I de mere avancerede anlæg kunne der produceres ca. 20 kg svovlsyre pr. kubikmeter pr. dag, altså i alt ca. 16.000 kg.

### Fra surforforsur kalk til superfosfat

Fremstillingen af svovlsyre i Danmark var udelukkende rettet mod fremstilling af surforforsur kalk, som vi senere kom til at kende som superfosfat. Hvor dette revolutionerende gødningsprodukt blev fremstillet, blev der også fremstillet svovlsyre ved den her beskrevne metode.

Det første superfosfat blev fremstillet på Fredens Mølle på Amager. Virksomheden blev i 1826 overtaget af englænderen Joseph Owen, der eksperimenterede med fremstilling af gødningsprodukter. I 1831 fik han eneret på at producere "patentgødning" i Danmark, men en produktion af superfosfat ser først ud til at starte i 1850'erne, og dette skete med en eneret, der løb i bare fem år.

Flere fabrikker skød op i årene efter, men de fleste lukkede igen efter kortere tid. Dels var der problemer med at skaffe benmel. Som et kuriosum kan det nævnes, at man en overgang skaffede benmel fra menneskeskeletter fra Egypten. Dels var konkurrencen fra udlandet stor, og endelig var skepsissen stor blandt de danske landmænd, der i samme periode organiserede sig i andelsgødningskompagnier, der stod for fælles indkøb fra ud- og indland.

Fabrikken i Kastrup, der startede i 1874, men som allerede gik fallit året efter, blev imidlertid overtaget af en århusianer i kompagniskab med en tysker, og det var dem, der kom til at grundlægge Aktieselskabet Dansk Svovlsyre- & Superphosphat-Fabrik (eller "Dansk Svovlsyre") i 1891.

I 1902 lukkes Fredens Mølle på Amager, og samme år overtager Dansk Svovlsyre fabrikken i Mundelstrup. Der er herefter bare en enkelt dansk producent på markedet.



## Ny formand for ATV-Fonden for Jord og Grundvand pr. 1. maj 2013

Akademiet for de Tekniske Videnskabers Præsidium har udpeget områdechef, civilingeniør Ida Holm Olesen, Miljø og Råstoffer, Region Syddanmark, som ny formand for bestyrelsen for ATV-Fonden for Jord og Grundvand.

Ida Holm Olesen overtager formandsposten pr. 1. maj 2013 efter teknisk direktør Tom Heron, Horsens Kommune (tidl. NIRAS), og vil sammen med næstformanden, civilingeniør, ph.d. Nina Tuxen, Orbicon A/S, stå i spidsen for ATV Jord og Grundvands aktiviteter fremover.

Ida har været associeret bestyrelsen siden starten af 2009 som koordinator for den interkandinaviske konference NORDROCS, der afholdes på skift i de nordiske lande hvert andet år, og som i 2010 blev holdt i København under Idas ledelse.

Ida besidder en bred faglig baggrund indenfor jord- og grundvandsområdet med mangeartede opgaver spændende fra lokalitetsspecifikke forureningsmæssige eller juridisk/administrative problemstillinger til prioriteringsudfordringer og forureningsproblematikker på oplands- eller regional skala.

Bestyrelsens aktuelle sammensætning kan ses på [www.atv-jord-grundvand.dk](http://www.atv-jord-grundvand.dk)



# DNAPL

## - et samarbejdsprojekt mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden

Af Henriette Kerrn-Jespersen, Region Hovedstaden og Mette M Broholm, DTU Miljø

I dette og de følgende numre af *Jordforurening.info* bringes en række korte artikler, som udspringer af et samarbejdsprojekt om DNAPL mellem DTU Miljø og Region Hovedstaden. I denne artikel følger et overblik over selve DNAPL-projektet. Rapporterne er tilgængelige på [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk).

Chlorerede opløsningsmidler kan optræde som separat eller fri fase, omtalt DNAPL (dense non-aqueous phase liquid – se boks 1), i kildeområder på forurenede grunde. Forekomst og fordeling af DNAPL har afgørende betydning for den konceptuelle forståelse af forureningen, herunder afgrænsning og masse på den forurenede grund. Hermed har DNAPL afgørende betydning for risikovurdering, prioritering til oprensning og valg af afværgeteknologi.

### Boks 1

#### Definition på DNAPL

DNAPL = dense non-aqueous phase liquid, dvs. en ikke vandblandbar væske, der er tungere end vand. Chlorerede opløsningsmidler er eksempler på DNAPL's.

DNAPL kan fortrænge vand i jordens porer og dermed trænge langt ned i den mættede zone under grundvandsspejlet. Når DNAPL trænger ned gennem jorden efterlades residual fase i form af immobile dråber og "ganglia" i porerne. På mindre permeable lag kan ophobes DNAPL som mobil fase (pools).



Foto af DNAPL og vand udtaget fra boring filtersat i formation med mobil PCE DNAPL på lokalitet i Skuldelev.

Det er relativt sjældent, at der observeres DNAPL i vandprøver på forurenede grunde. Til gengæld måler vi ofte så høje koncentrationer i vand- og/eller jordprøver, at det indikerer forekomst af DNAPL på grunden. Dermed rejser sig følgende spørgsmål:

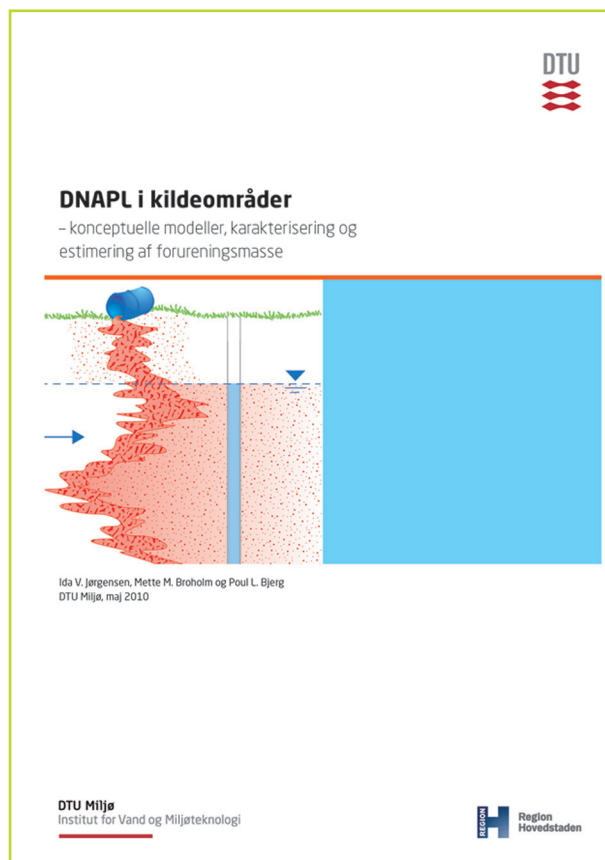
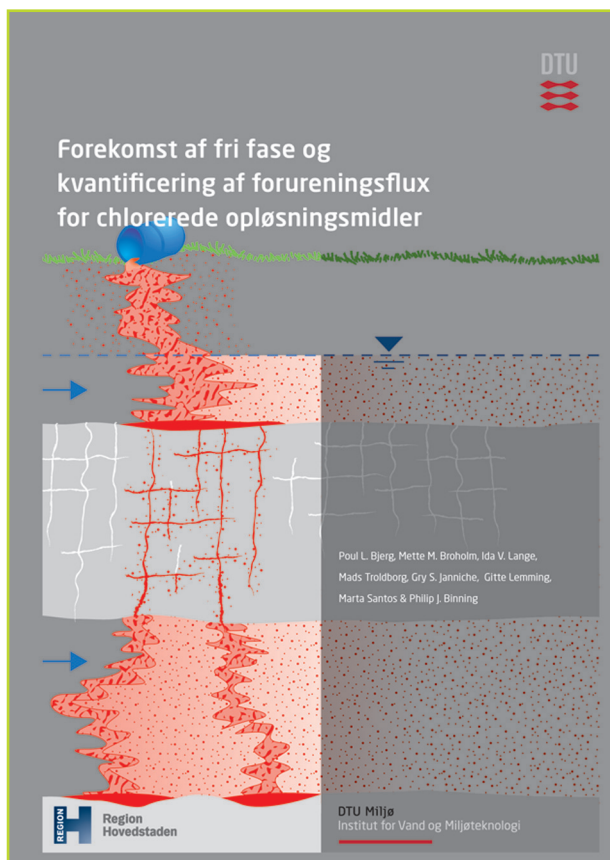
- Hvilke undersøgelsesmetoder er velegnede til dokumentation af DNAPL?
- Hvilken undersøgelsesstrategi bør vælges over for DNAPL?
- Hvornår bør en detaljeret DNAPL-undersøgelse iværksættes?

DNAPL-projektet blev iværksat for at skabe grundlag for vurdering af ovenstående for danske lokaliteter/aflejringstyper, herunder lavpermeable aflejringer (moræneler) og kalk.

DNAPL-projektet er gennemført i to faser, omfattende:

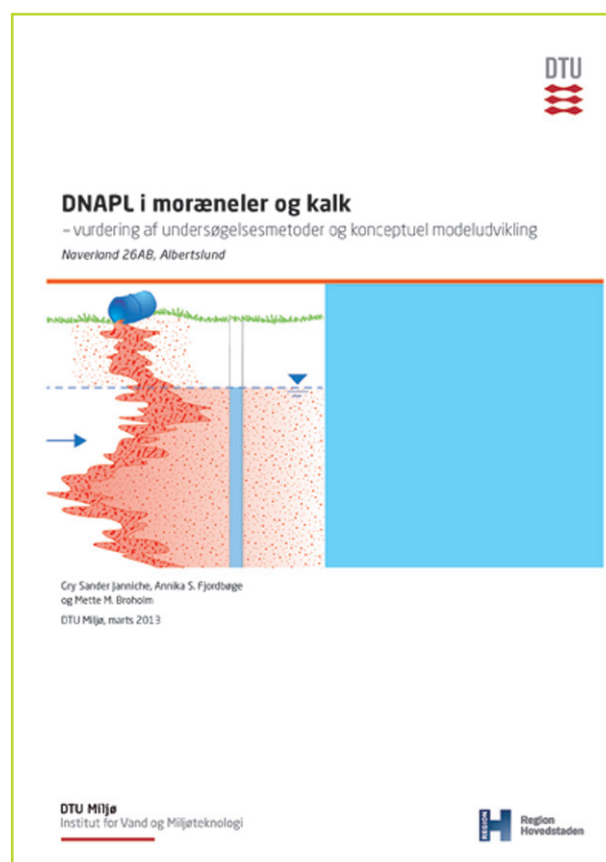
#### Fase 1:

- Opsætning af konceptuelle modeller for transport, fordeling og opløsning af DNAPL, med særligt fokus på danske aflejringstyper og tidlig udvikling.
- Overblik over metoder til direkte og indirekte dokumentation for DNAPL og karakterisering af DNAPL i kildeområder samt metodernes anvendelighed i danske aflejringstyper.
- Opstilling af proces for masseestimering på lokaliteter med DNAPL.
- Opstilling af regneark til hjælp ved vurdering af om der er DNAPL.



## Fase 2:

- Afprøve og vurdere nye og eksisterende metoder til karakterisering af DNAPL-kildeområder, herunder direkte og indirekte dokumentation af DNAPL.
- Udvikle konceptuel forståelse af DNAPL-fordeling i moræner og kalk.
- Danne grundlag for anbefalinger til fremtidig strategi og metodevalg for undersøgelser af DNAPL-kildeområder i moræner (sprækkede lavpermeable aflejringer) og kalk.



# Strategi og undersøgelsesmetoder for karakterisering af DNAPL i moræner

Af Henriette Kern-Jespersen<sup>1</sup>, Gry Sander Janniche<sup>2(3)</sup>, Anders G Christensen<sup>3</sup>, Bernt Grosen<sup>4</sup>, Torben Jørgensen<sup>4</sup> og Mette Broholm<sup>2</sup>.

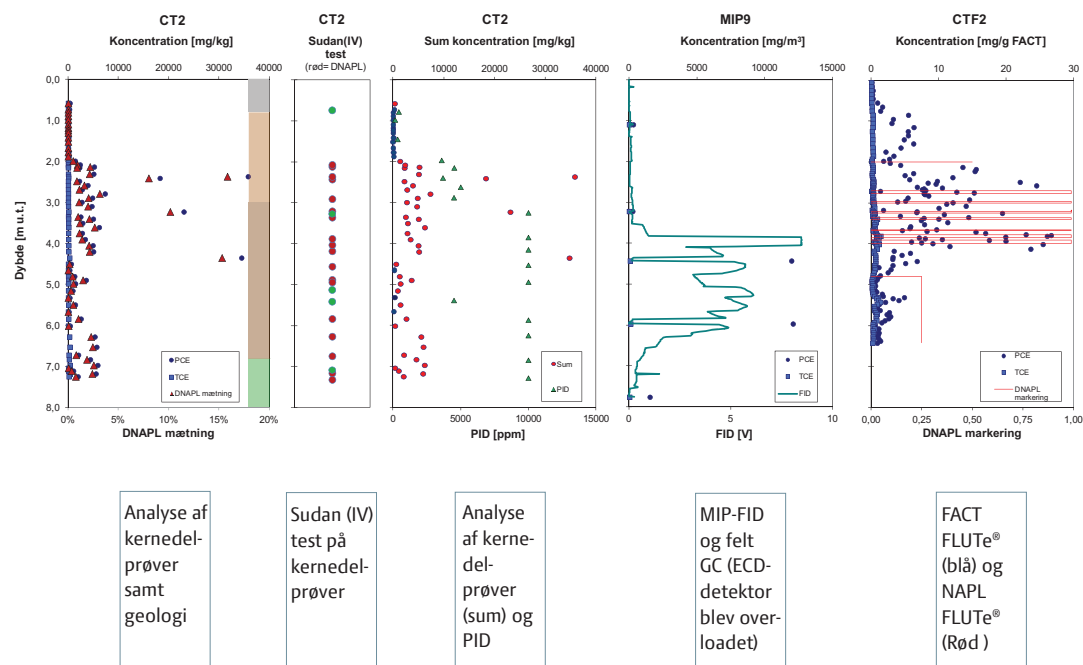
<sup>1</sup>Region Hovedstaden; <sup>2</sup>DTU Miljø; <sup>3</sup>NIRAS; <sup>4</sup>COWI

DNAPL-projektets 2. fase har omfattet afprøvning af en række innovative og eksisterende metoder til karakterisering af DNAPL i kildeområder, herunder dokumentation af DNAPL. Der er brugt en integreret strategi, hvor flere metoder er kombineret. I denne artikel gives en kort oversigt over de anvendte metoder i moræneleren (Figur 1) og et eksempel på resultater fra en undersøgelsesklynge af forskellige metoder (Figur 2). Endvidere gennemgås erfaringer med metoderne og vore anbefalinger til fremtidig strategi og metodeanvendelse i moræner på potentielle DNAPL-lokaliteter.

**Figur 1. Metoder anvendt til karakterisering af DNAPL i kildeområde i moræner**



Figur 2. Sammenligning af resultater fra DNAPL undersøgelse i moræner



De illustrerede metoder omfatter kvantitativ analyse, Sudan IV og PID på diskrete delprøver fra kerneprøver fra Geoprobeboring CT2, MIP samt farvemarkering på NAPL FLUTE® og kvantitativ analyse af diskrete FACT delprøver. Bemærk at Kerneboring, MIP og FLUTE® er placeret med en indbyrdes afstand på ½ - 1 m. Den geologiske lagfølge på lokaliteten Naverland, Albertslund, bestod af fyld (grå), 2 moræneler-aflejringer (lys hhv mørk brun), og kalk (grøn). Angiven DNAPL-mætning er den tilsyneladende mætning ved beregning udført som for porøst medie. Da DNAPL alene optræder i sprækker i moræneler, er den reelle residuale mætning i sprækkerne betydeligt højere.

Af figur 2 ses, at DNAPL i det pågældende område er trængt ned i moræneleren til en dybde af ca. 7 m u.t., hvorunder kalken træffes. Der observeres rimelig god overensstemmelse mellem de forskellige metoder. Graden af diskretisering er meget høj, hvilket er nødvendigt for at belyse forekomst af DNAPL, der typisk optræder som små "dråber" i jordens porer.



## Erfaringer med de afprøvede metoder

- Metoderne var alle anvendelige til DNAPL- undersøgelser i moræner, dog undtaget Radon-metoden og DNAPL-farvesprayen.
- Metoderne supplerer hinanden godt. Nogle har en høj grad af datatæthed, men er mindre præcise eller specifikke, mens andre giver direkte dokumentation for DNAPL ved kontakt.
- MIP (membrane interfase probing) er en velegnet screeningsmetode med høj diskretisering. Vær opmærksom på afsmitning (carry over), hvis der ikke benyttes "heated trunk line" og detektor overload, specielt for særligt følsomme detektorer som ECD-detektoren.
- Umiddelbart efter flækning af en intakt jordkerne blev en håndholdt PID-måler ført over den flækkede kerne. Det var en hurtig metode til lokalisering af de strækninger, der havde det højeste forureningsindhold og dermed størst sandsynlighed for indhold af DNAPL. Strækninger, hvor det er relevant at udtage prøver til Sudan IV-test og kvantitativ analyse, identificeres derved.
- I afrapporteringen fra projektet (marts 2013) gives bud på detektionsgrænser for nogle af metoderne. Eksempelvis kan der være meget små mængder af DNAPL i en jordprøve, uden at det klart observeres med rødfarvning i Sudan IV-testkittet. Grønfarvning af væskefase vil dog alene ses ved fravær af DNAPL efter udrustningen af prøven i tilsat vand. Teoretiske beregninger om dette findes i rapporten fra DNAPL-projektets fase 1 (/Jørgensen et al 2010/ på [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk)).
- Der kan inden for meget lille afstand være prøver med henholdsvis uden DNAPL-indhold, som f.eks. ses på figur 2. Sudan IV er en relativ billig metode (ca. 80 kr. per testkit). Der anbefales derfor en høj grad af prøvetagningstæthed med Sudan IV.
- Farvemarkering på NAPL FLUTE® sås alene, hvor kvantitative analyser indikerede tilstedeværelse af mobil DNAPL i sprækker. Sudan IV metoden afslører såvel forekomst af mobil DNAPL som residual DNAPL. Kombination af Sudan IV og NAPL FLUTE® giver således en indikation for, om der er tale om residual (immobil) eller mobil DNAPL.
- FACT FLUTE® består af en aktiv kul filt, som sorberer chlorerede opløsningsmidler effektivt fra luft og vand. Tilførsel/kontakt er diffusionsstyret, hvorfor der optages mere forurening under umættede forhold (på aktiv kul filten) end under mættede forhold, som følge af højere diffusionshastighed i luft end vand. Resultatet ved ekstraktion og analyse af FACT delprøver fås i mg/g FACT, hvilket ikke er direkte sammenligneligt med en jord-, vand- eller poreluftskoncentration. Supplerende undersøgelser af optagelse på FACT vil på sigt lette tolkningen af data.

## Anbefaling til strategi for karakterisering af DNAPL i moræneler/sprækkede lavpermeable aflejringer

### 1. Hydrogeologisk undersøgelse

Jo bedre kendskabet til geologiske og hydrogeologiske forhold, såsom: overflade af intakte aflejringer og overgange mellem geologiske lag samt hældning af disse; tæthed, appertur og hældning/retning af sprækker og sandslirer; vandspejl (inde-værende og tidligere), vandmætning, redoxskift (grå/brun farvning), er, jo mere kvalificeret kan den efterfølgende undersøgelse udføres og resultater tolkes.

### 2. Screening med MIP

Hermed identificeres områder horisontalt såvel som vertikalt, hvor der kan være forekomst af DNAPL.

### 3. Udtagning af delprøver fra intakte jordkerner på baggrund af MIP-resultater

Flæk jordkernen og anvend en håndholdt PID-måler til støtte ved valg af jordprøver til Sudan IV-test samt valg af jordprøver til kvantitativ kemisk analyse.

### 4. Kemisk analyse af jordprøver fra den intakte kerne

Den kemiske analyse er vigtig til kvantificering af DNAPL, og metoden har en høj grad af sikkerhed.

### 5. NAPL FLUTE® installeres i geoprobe-hullet

Med NAPL FLUTE® opnås direkte påvisning af mobil DNAPL i sprækker med kontakt til borehulsvæggen. Metoden er relativ billig og giver direkte dokumentation med en høj grad af datatæthed. Det skulle nu være muligt at placere NAPL FLUTE® med geoproben i det samme punkt, som kerneprøverne blev udtaget fra (det blev ikke afprøvet i projektet).

### 6. FACT FLUTE®

FACT FLUTE® giver oplysninger om forureningsniveauet i umiddelbar nærhed af borehulsvæggen og dækker dermed et større område end kerneprøver og er ikke afhængig af DNAPL-mobilitet eller direkte kontakt som NAPL FLUTE®. Metodens ulempe er, at prisen for analyse af FACT-prøver ligger på niveau med prisen for analyser af jordprøver.

### 7. Udtagning af vandprøver ved mættede forhold

Filtersætning af boring ved mættede forhold med DNAPL-pejling og udtagning af evt. DNAPL-prøve for direkte dokumentation samt vandprøve for kvantitativ analyse.

### Prøvetagningstæthed

Karakterisering af DNAPL forudsætter en høj grad af datatæthed, såvel horisontalt som vertikalt. I praksis er det derfor nødvendigt at kombinere billigere metoder, der giver en høj data-tæthed med de dyrere metoder, der så til gengæld giver en højere kvalitet i resultatet. Derfor anbefales, at prøvetagnings-tætheden styres af MIP, PID og Sudan IV. Samtidig bør man holde sig for øje, om detaljerede undersøgelser af DNAPL på den konkrete sag er nødvendig i forhold til det videre forløb, dvs. prioritering/afværgelse, altså en overvejelser om "nice to know" eller "need to know", se uddybning i næste afsnit.

### Hvornår bør man iværksætte en detaljeret DNAPL-undersøgelse?

Forureningsundersøgelser i sprækkede lavpermeable aflejringer som moræner kræver en høj grad af prøvetagningstæthed, fordi geologien betinger, at forureningen er fordelt meget heterogent. DNAPL-karakteriseringen kræver tillige anvendelse af et sæt kombinerede DNAPL-undersøgelsesmetoder. Det er derfor indlysende, at en detaljeret DNAPL-undersøgelse ikke hører hjemme i en indledende forureningsundersøgelse. Så hvornår er det, man bør iværksætte en DNAPL-undersøgelse?

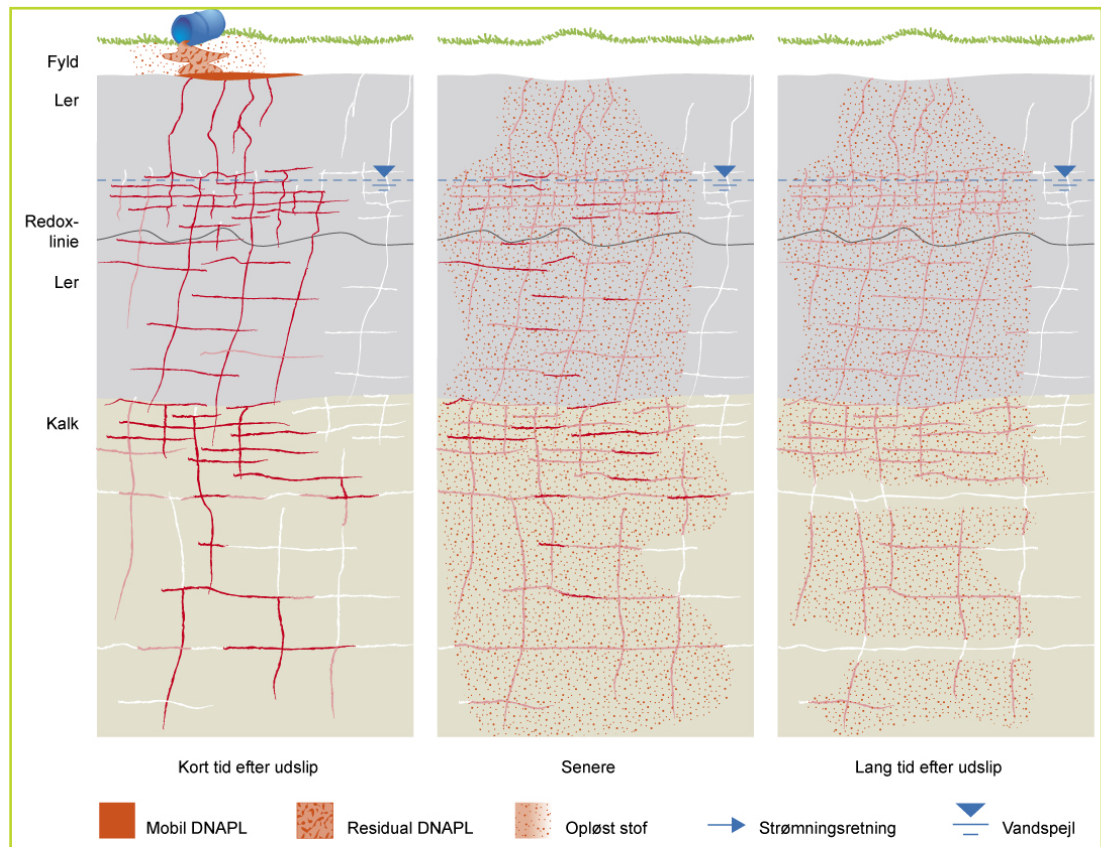
En konceptuel model for DNAPL-fordeling i moræner og tidlig udvikling af denne er illustreret og beskrevet i boks 1. Vi undersøger i dag forureninger med chlorerede opløsningsmidler, der er opstået for en årrække siden (nogle er opstået i 70'erne og 80'erne, mens andre er ældre). Konceptuelt er vi derfor **ikke** på den første figur i boks 1, der illustrerer tilstedeværelse af DNAPL umiddelbart efter et spild. I mange forureningsundersøgelser observeres meget kraftig forureningsindhold i lermatricen, men der opnås **ikke** direkte påvisning af DNAPL i leraflejringer. Det kan enten skyldes, at prøvetagningstætheden ikke er tilstrækkelig, eller at DNAPL ikke længere er til stede, fordi DNAPL over tid er "forsvundet" ved opløsning og diffusion ind i lermatricen. Denne situation er illustreret på figuren længst til højre i boks 1.

Inden beslutning om iværksættelse af en detaljeret DNAPL-undersøgelse i lavpermeable aflejringer, som anbefalet tidligere i artiklen, bør følgende overvejes:

- Er forureningen veldokumenteret, herunder er alle potentielle kildeområder med mulighed for DNAPL lokaliseret.
- Indikerer forureningsundersøgelsen tegn på DNAPL, se tommelfingerregler i rapporten marts 2013.
- I udgangspunktet bør en detaljeret DNAPL-undersøgelse iværksættes, hvis der er indikationer på DNAPL-tilstedeværelse, fordi det har stor betydning for risikovurdering. Det anbefales dog at være opmærksom på, om forureningsundersøgelsen viser, at forureningen udgør en risiko også i den situation, hvor der ikke er DNAPL til stede. Altså den opløste og sorberede forurening er i sig selv kraftig nok, til at forureningen udgør en risiko og prioriteres til afværgelse.

I forbindelse med dimensionering af afværgeanlæg er det uhyre vigtigt for nogle afværgemetoder, at forureningsmassen er kendt, og for andre afværgemetoder er det mindre vigtigt. Ved dimensionering af afværgeforanstaltninger med metoder som SRD, kemisk oxidation eller kemisk reduktion er det yderst vigtigt at vide, hvor meget DNAPL der er til stede, da det har betydning for de mængder af bakterier og/eller reaktive stoffer, der skal doseres. Til gengæld har DNAPL-tilstedeværelse ikke afgørende betydning ved dimensionering af et termisk oprensingsprojekt. Det anbefales derfor at være opmærksom på, at såfremt det på et tidligt tidspunkt er åbenlyst, at der skal afværges med, eksempelvis termiske metoder, ja så er det måske af mindre betydning først at have gennemført en detaljeret DNAPL-undersøgelse, så længe afværgeindsatsområdet omfatter det potentielle DNAPL-område.

### Boks 1: Konceptuel model for DNAPL i moræneler og kalk over tid



Konceptuel model for fordeling af DNAPL i moræneler og underliggende kalk efter spild samt den tidlige udvikling for DNAPL.

Kort tid efter udslippet optræder de chlorerede opløsningsmidler fortrinsvis som DNAPL, men som tiden går "forsvinder" DNAPL ved fordampning i umættet zone og ved opløsning samt diffusion ind i lermatrix i moræneleren. "Senere" og "lang tid efter udslippet" optræder forureningen i højere grad som opløst og sorberet forurening i lermatrixen end som DNAPL.

DNAPL vil optræde i længst tid, hvor der er en stor tæthed af sprækker, eller hvor sprækker (i moræneler) har størst appertur. Længe efter DNAPL er forsvundet, vil forureningsniveauet i lermatrix fortsat være meget markant. I kalken gør de samme forhold sig overvejende gældende. Her kan højt flow i større sprækker føre til udvaskning og tilbagediffusion med lavt koncentrationsniveau i og omkring disse til følge. Lavere sorption i kalk kan endvidere resultere i relativt lavere matrixkoncentrationer.

# Undersøgelsesmetoder til karakterisering af DNAPL i kalk

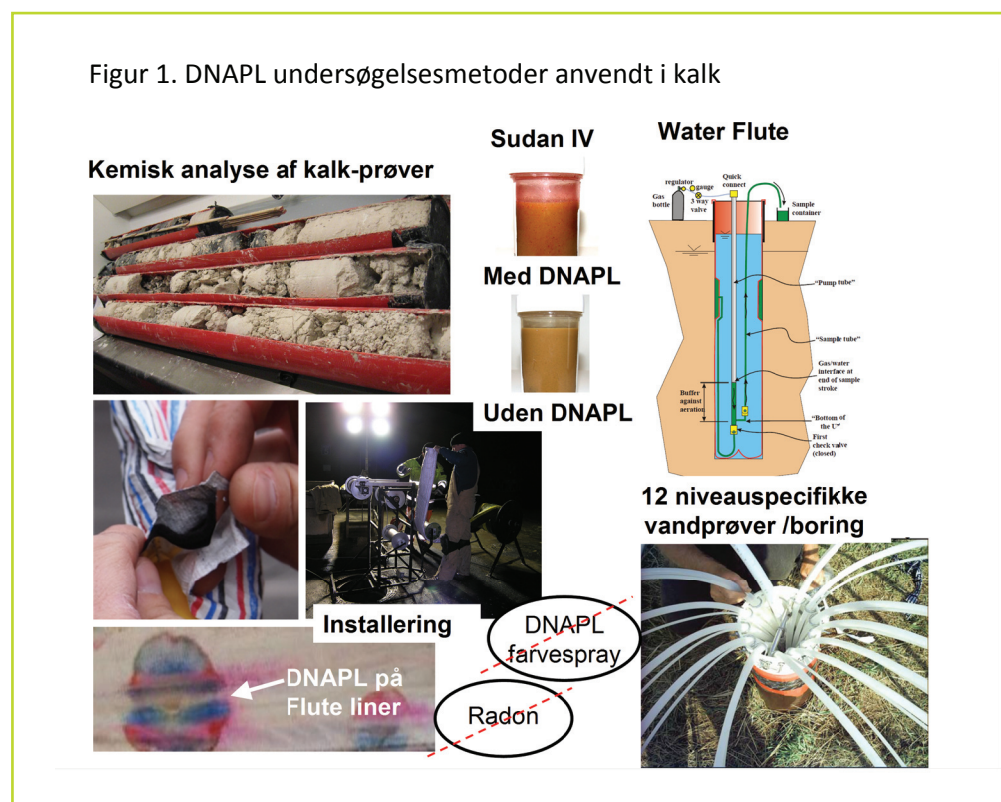
Af Henriette Kern-Jespersen<sup>1</sup>, Gry Sander Janniche<sup>2</sup>, Anders G Christensen<sup>3</sup>, Bernt Grosen<sup>4</sup>, Torben Jørgensen<sup>4</sup> og Mette Broholm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Region Hovedstaden; <sup>2</sup>DTU Miljø; <sup>3</sup>NIRAS; <sup>4</sup>COWI

DNAPL-projektets 2. fase har omfattet afprøvning af kendte og innovative metoder til karakterisering af DNAPL. Generelt er der meget begrænset erfaring med DNAPL-karakterisering i kalk og nogle af de undersøgelsesmetoder, der spiller en central rolle ved karakterisering i de lavpermeable aflejringer, f.eks. MIP, er ikke anvendelige over dybden i kalken.

I denne artikel gives der en kort oversigt over de anvendte metoder i kalken (Figur 1), et eksempel på resultater med forskellige undersøgelsesmetoder (Figur 2), samt erfaringer med de forskellige metoder og fordele og ulemper ved undersøgelse af DNAPL i kalk.

På Figur 1 ses de metoder, der blev afprøvet i kalken.

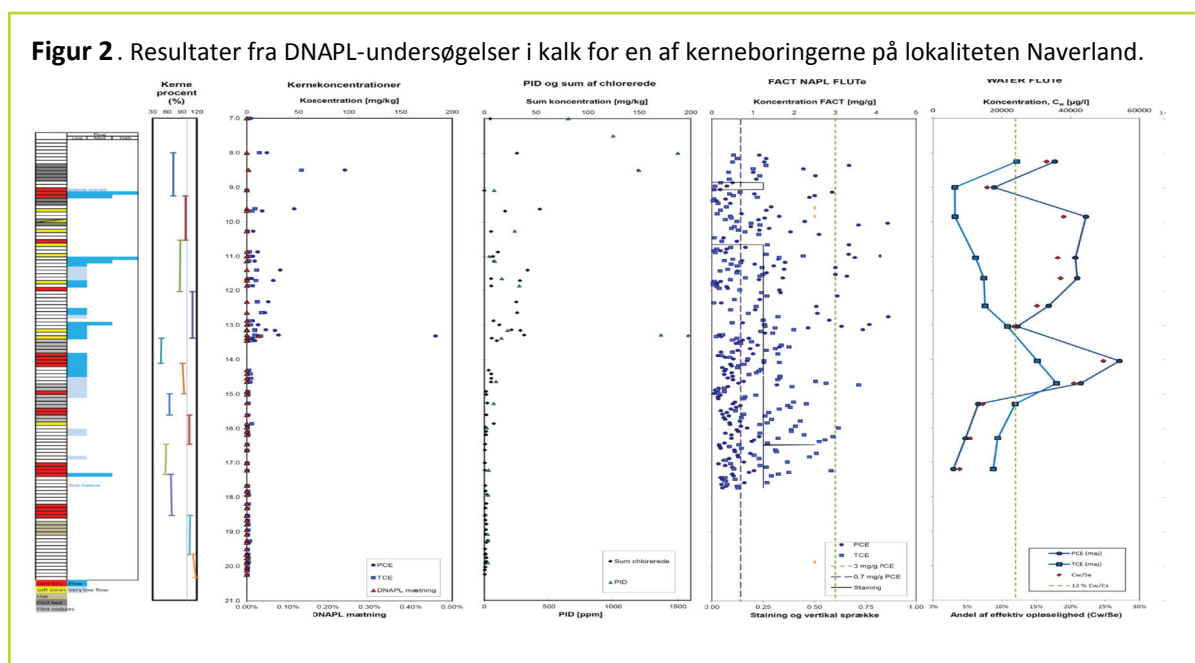


## Gennemførte aktiviteter ud over geologiske undersøgelser

- Etablering af 3 borer til 20 m ut med Geo Bor S-metoden
- Udtagning af intakte kalkkerner, fragtet til DTU og undersøgt
- PID-måling, Sudan IV og kemisk analyse af kalkkerne-prøver
- Installering af NAPL FACT FLUTE® i alle 3 borer, fjernelse efter ca. 48 timer
- FLUTE liner® profilering for flow/transmissivitet
- Installering af Water FLUTE® til niveauspecifik vandprøvetagning
- Tilbageslag i grundvandskoncentrationer i Water FLUTE® ved stop af afværgepumpning.

På figur 2 ses resultater med forskellige undersøgelsesmetoder i én kalkboring.

**Figur 2.** Resultater fra DNAPL-undersøgelser i kalk for en af kerneboringerne på lokaliteten Naverland.



## Erfaringer med de afprøvede metoder i kalk

- GeoBorS blev vurderet at være den boremetode, der ville give de mest intakte kalkkerner. Det er imidlertid uhensigtsmæssigt, at der anvendes vand (til køling af skær) i forbindelse med borearbejdet, og at vandflow ikke er isoleret fra kernerne, idet dette formentlig fører til tab af blødere kalk i kernerne og til tab af DNAPL fra disse samt sprækker.
- Tab af DNAPL og blød kalk under borearbejdet har naturligvis afgørende betydning for undersøgelsesmetoder knyttet til kernematerialet: PID, Sudan IV, DNAPL-farvespray og kvantitative kemiske analyser, herunder vurdering af deres anvendelighed.
- Kvantitativ analyse af kerne-delprøver var imidlertid eneste metode, som dokumenterede tilstedeværelse af DNAPL i kalken – om end i blot 2-3 prøver. Uden denne dokumentation ville indikationer på DNAPL fra vandprøver og FACT-prøver være ren spekulation. De lave DNAPL-indhold kan ikke forventes at give udslag på Sudan IV.
- Tilstrækkelig geologisk viden er endvidere betinget af kerneprøvetagning.
- Boremetoden kan potentielt også have påvirket forholdene lokalt omkring boringerne og dermed have konsekvenser for metoder implementeret i borehullet, og som kræver direkte kontakt med DNAPL/forureningen.
- NAPL FLUTe® viste således ikke tydelig tegn på forekomst af DNAPL. Men det er formentlig alene udtryk for, at der ikke optræder mobil DNAPL i kontakt med borehullet, også ved evt. bedre boremetode.
- Water FLUTe® leverede gode niveauspecifikke vandprøver fra forudbestemte dybder og korte prøvetagningsporte (længde 30 cm). Et koncentrationsniveau på > 12 % af den effektive opløselighed af PCE som målt, hvor DNAPL er dokumenteret ved kvantitativ analyse af kalkprøver, indikerede tilstedeværelse af DNAPL i flere dybder. Dette bestyrkedes ved uændret koncentrationsniveau ved stop af afværgepumpning.
- FACT FLUTe®- og vandkoncentrationerne viste rimelig fin overensstemmelse. FACT FLUTe indikerede således også DNAPL-tilstedeværelse i flere dybder.
- DNAPL-farvespray og Radon (for lavt baggrunds niveau) vurderes ikke anvendelige i kalk.
- Det anbefales, at indlægge et tidsrum imellem borearbejde med GeoBorS og instalering af NAPL FACT FLUTe®. Derved gives mulighed for, at borevandets effekt på forureningen i kalken i borehulsvæggen bliver reduceret. Hvor det er risikomæssigt forsvarligt kan overvejes pumpning fra åbent borehul forud for (fornyet) eksposering af NAPL (FACT) FLUTe®.

## Fordele og ulemper ifm. DNAPL-undersøgelser i kalk

- Der eksisterer ikke billige screeningsværktøjer til indikation af områder med DNAPL i kalk, som det kendes fra de lavpermeable aflejringer.
- Der er ikke identificeret et sæt af undersøgelsesmetoder til DNAPL-karakterisering i kalk, men det anbefales, at metoder kombineres (analog som i de lavpermeable aflejringer).
- FACT FLUTE® kan give en høj grad af datatæthed (ved analyse af stort delprøveantal) og kan anvendes til vertikal screening i kalken for lokalisering af dybder eller geologiske lag, hvor der er indikation på DNAPL.
- På baggrund FACT FLUTE resultater samt FLUTE liner profilering kan vælges intervaller for niveauspecifikke vandprøver fra korte filtre eller fra Water flute.
- Andre eller nye boremetoder for udtagelse af intakte prøver fra kalk med lavere kernetab og uden kontakt mellem skyllevand og kerner bør undersøges. Den eksisterende boremetode giver ikke tilstrækkelig sikkerhed for dokumentation af DNAPL, hvor det optræder i kalk.





Af Jan Petersen, freelancer

Ved hurtigt at skimme denne liste igennem får du et overblik over, hvilke artikler der for nyligt har været bragt i danske tidsskrifter inden for vores fagområde. Hermed er der skabt en hurtig indgang til ny inspiration m.m. For overskuelighedens skyld er artiklerne ordnet i emner.

## 1. Jura, økonomi og politik

**Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om anvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsgaver og om anvendelse af sorteret, uforurennet bygge- og anlægssaffald, BEK nr. 1316 af 17. december 2012**

Ændringsbekendtgørelsen ophæver § 14, der omhandler selve anmeldelsen af anvendelsen af sorteret, uforurennet bygge- og anlægssaffald. Bekendtgørelsen trådte i kraft den 1. januar 2013.

Læs mere på [retsinfo.dk](https://retsinfo.dk)

**Afgørelser fra Natur- og Miljøklagenævnet (NMKN) NMKN stadfæster Region Sjællands afgørelse af 1. juli 2009 om afslag på dispensation til tilførsel af jord til råstofgrav. Læs hele NMKN's afgørelse af 28. januar 2013 på [nmkn.dk](https://nmkn.dk) (NMK-11-00085).**

NMKN ophæver Region Midtjyllands afgørelser af hhv. 3. november 2009 og 6. december 2010 om dispensation til tilførsel af jord til råstofgrav.

Læs begge NMKN's afgørelser af 28. november 2012 på hhv. [nmkn.dk](https://nmkn.dk) (NMK-11-00048) og [nmkn.dk](https://nmkn.dk) (NMK-11-00077).

NMKN ophæver afgørelsen om at vedtage de 23 statslige vandplaner, fordi fristen på 8 dage i forbindelse med den supplerende høring var for kort og dermed i strid med miljømålslovens § 30. Sagerne er hjemvist til fornyet behandling i Naturstyrelsen.

Læs NMKN's afgørelse af 6. december 2012 på [nmkn.dk](https://nmkn.dk)

**Spørgsmål til Miljøministeren**

MIU, Alm. del spørgsmål [70](#), [71](#), [72](#), [73](#), [74](#), [75](#) og [76](#) vedr. forurennet jord i støjvolde (04-12-2012).

## 2. Kortlægning og undersøgelser

**Offentlige arkiver og andre kilder til kortlægning af lossepladser og forurenende virksomheder før 1950**

Udgangspunktet for pilotprojektet har været at afklare, hvorvidt ældre, ikke hidtidig anvendte historiske kilder kan bidrage til at opspore og lokalisere mulige jordforureningskilder samt bidrage til at skaffe historiske oplysninger om dem. I projektet er der særlig fokus på gamle lossepladser. Et andet udgangspunkt for projektet har været at prøve at arbejde samlet med de gamle lossepladser i et geografisk område frem for kun at arbejde med hver enkelt losseplads/ lokalitet for sig, som man traditionelt gør inden for jordforureningsområdet. Det at arbejde med lossepladserne samtidig giver en effektivisering af arbejdsgangen, der gør det muligt at anvende en række historiske kilder, som normalt ikke anvendes, fordi det er besværligt og dyrt kun at fremskaffe oplysninger om en enkelt lokalitet.

For at udnytte de historiske kilder mest hensigtsmæssigt er der taget udgangspunkt i et geografisk område, der består af en kommune fra den tidsperiode, som projektet undersøger, og de historiske kilder belyser. I dette projekt er der valgt at se på Ballerup Kommune - hovedsageligt i perioden fra ca. 1900 til midten af 1950'erne.

Af A.-S. F. Michaelsen (RUC), T. V. Bote (COWI A/S), N. Schrøder (RUC) og P.S. Rank (Videncenter for Jordforurening). Videncenter for Jordforurening, Teknik og Administration nr. 1 2012. Læs mere på [jordforurening.info](https://jordforurening.info)

**Anvendelse af immobile bekæmpelsesmidler inden for frugtavl**

Projektet er en opfølgning på problemstillingen om forurening med primært blyarsenat i jorden i gamle frugtplantager, som tidligere har været behandlet i Miljøprojekt nr. 1386 (2011), og det omhandler syv undersøgelser af jorden i gamle frugtplantager for primært arsen og bly. Sammenfattende viser projektet, at forbruget af immobile bekæmpelsesmidler har ligget på et niveau, der ikke medfører overskridelse af afskæringskriteriet for arsen og bly. Samtidig er det vurderingen, at overskridelser af jordkvalitetskriterierne for bly er små og sporadiske og ikke udgør en sundhedsrisiko.

Af S. Outzen (Outzen Pro), Miljøprojekt nr. 1456, januar 2013 (ISBN 978-87-92903-77-8). Læs mere på [mst.dk](https://mst.dk)



## 3. Værktøjer og metoder

### Udtagning af porevand på forurenede grunde

Ved prøvetagning af porevand på forurenede lokaliteter har der hidtil været risiko for tab af flygtige stoffer undervejs og dermed falske lave resultater til følge. Manglen på metoder til udtagning af repræsentative porevandprøver på forurenede lokaliteter betyder, at porevandskoncentrationen typisk må estimeres indirekte ud fra jordkoncentrationer og efterfølgende fugacitets-beregninger i f.eks. JAGG, hvilket ofte vil give et meget konservativt estimat.

En nyudviklet metode løser problemet med prøvetagning af porevand ved at kombinere sugeceller i jorden med Sorbi-celler til opsamling af forureningsstofferne. Artiklen beskriver metoden, der er afprøvet på en tidligere renserigrund. Af A.H. Kristensen og P. Loll (*Dansk Miljørådgivning A/S*), C. Ølund (*Ejlskov A/S*), F.H. Andersen (*Region Sjælland*) og P. Møldrup (*Aalborg Universitet*), *Vand & Jord nr. 4, s. 135-138, december 2012 (ISSN 0908-7761)*.

### Thoron-målinger til identifikation af indtrængningsveje fra poreluft til indeklima

Projektet har til formål at introducere og beskrive en metode til lokalisering af advektive spredningsveje for flygtig forurening fra poreluften under gulvet til indeklimaet. Metoden tager udgangspunkt i naturligt forekommende radioaktive isotoper, der findes i enhver jordart overalt i Danmark. Projektet indeholder metodeudvikling og -afprøvning på en række forskellige lokaliteter, dels lokaliteter, hvor der er påvist påvirkning af indeklimaet fra en underliggende forurening og dels lokaliteter uden forurening. I begge tilfælde vil der til stadighed forekomme indtrængning af den naturligt forekommende, radioaktive og kræftfremkaldende gasart radon, herunder en isotop af denne, thoron. Det er netop denne indtrængning, der i projektet anvendes til at spore indtrængningsveje. Når der måles thoron ved en potentiel indtrængningsvej, er det et udtryk for, at der sker en indtrængning af poreluft, som er drevet af undertryk i bygningen.

Af J.B. Petersen, H.E. Steffensen, M.N. Jeppesen (*NIRAS A/S*) og B. Hvidberg (*Region Midtjylland*), *Miljøprojekt nr. 1453, januar 2013 (ISBN 978-87-92903-72-3)*. Læs mere på [mst.dk](http://mst.dk)

## 4. Risikovurdering

### PCB-afdampning fra lysarmaturer kan udgøre et indeklima-problem

Hidtil har man kun anset gamle lysarmaturer med PCB-fyldte kondensatorer som et affaldsproblem, men en ny undersøgelse viser, at kondensatorerne kan forårsage et betydeligt indeklima-problem pga. udslip af farlige PCB-dampe. Undersøgelsen bygger på analyser fra en skole i Thyborøn, hvor der blev målt overskridelser af Sundhedsstyrelsens aktions-værdi på 3.000 ng/m<sup>3</sup>. PCB blev tilsat fuger, maling og gulve frem til 1977, hvor stoffet i åbne anvendelser blev forbudt. Kondensatorer derimod måtte man producere med PCB helt frem til 1986.

Af L. Odsbjerg (*Rambøll A/S*), *Teknik & Miljø nr. 12, s. 50-51, december 2012 (ISSN 1902-2654)*.

## 5. Afværge

### ATV-mødet "Afværgeteknologier – State of the Art"

Vi får stadig flere erfaringer med de kendte afværgeteknologier og samtidig kommer flere nye til. Formålet med mødet var bl.a. at opnå et bedre fagligt fundament til at vurdere de forskellige afværgeteknologiers potentialer og anvendelses-områder i forhold til oprensning af forurenede grunde.

På mødet var der indlæg om termiske teknikker, anvendelse af overfladeaktive stoffer og elektrokinetisk stimuleret biologisk nedbrydning. Derudover var der bl.a. også indlæg om indeklimasikring og om arbejdet med at fastlægge oprensningskriterier for grundvandstruende forureninger.

*Kompendium fra ATV Jord og Grundvands møde den 28. november 2012 kan downloades på [atv-jord-grundvand.dk](http://atv-jord-grundvand.dk) (ISBN 978 87 913 1369 1).*



## 6. Geologi og hydrogeologi

### Grundvand. Status og udvikling 1989-2011

Statusrapporten for grundvandets tilstand 1989-2011 er nu tilgængelig på nettet. Rapporten, der er udarbejdet af GEUS, er en del af det nationale overvågningsprogram for vandmiljø og natur - NOVANA. Rapporten viser bl.a., at TCE, PCE og deres nedbrydningsprodukter fortsat udgør et alvorligt problem for vandværkerne i en lang række kommuner. Det samme gør sig gældende for benzin og olierelaterede stoffer. Der er også fortsat en betydelig udbredelse af pesticider i grundvandet. Det er særligt de øvre grundvandsmagasiner, der er præget af pesticider og nedbrydningsprodukter fra disse, mens pesticidindholdet i det dybereliggende grundvand er væsentligt mindre.

Af L. Thorling, B. Hansen, C. Langtofte, W. Brusch, R.R. Møller og S. Mielby (GEUS), 2012 (ISBN 978-87-7871-345-2). Læs mere på [geus.dk](http://geus.dk)

### Klimaeffekter på hydrologi og grundvand (Klimagrundvandskort)

Et nyt screeningskort, der viser forventede ændringer i fremtidens grundvandsspejl og grundvandsdannelse, er lagt på klimatilpasningsportalen. Kortet kan anvendes af kommunerne til indledende vurdering af områder med behov for klimatilpasning. Områder der i dag er tørre kan i fremtiden blive fugtige og få væsentligt hævet grundvandsspejl, og viden om forventede ændringer i dybden til grundvandsspejlet og fx forøget grundvandsdannelse kan på et tidligt tidspunkt tænkes ind i areal- og vandplanlægningen. Hovedbudskabet er, at det ikke længere er tilstrækkeligt alene at planlægge i forhold til skybrudshændelser og stigninger i havniveau. Det er mindst ligeså vigtigt at have opmærksomhed på bevægelser i fremtidens grundvandsspejl og grundvandsdannelse. Eksempelvis viser fremtidens grundvandskort med en "median klimamodel" af ændringer for 2021-50 i forhold til 1961-90, at vi for knap en tredjedel af Danmarks areal forventer stigninger i grundvandsstanden på mere end en halv meter. Modellen er baseret på den nationale vandressourcemodel (DK-modellen). Modellen er lavet i MIKE SHE/MIKE 11, og den er opbygget af 500x500 m net med omkring 10 beregningslag for Danmark.

Af H.J. Henriksen, A. Lajer Højberg, M. Olsen, L.P. Seaby, P. van der Keur, S. Stisen, L. Trolborg, T.O. Sonnenborg og J.C. Refsgaard (GEUS), 2012. Læs mere på [geus.dk](http://geus.dk)

### Øget kontrol med lukning af vandboringer

Fra 1. januar 2013 skal samtlige af Danmarks cirka 2.500 almene vandforsyninger én gang om året indberette, hvor mange borer de har lukket og af hvilken årsag. Oplysninger om lukkede vandboringer bliver samlet i en database, der samler oplysninger om drikkevandets kvalitet. Indberetningerne skal skabe bedre overblik over, hvor miljøbelastningerne er størst, og hvor der skal sættes ind.

Se nyhed af 18. december 2012 på [nst.dk](http://nst.dk)

### Vandværker forholder sig afventende til gasprojekt

Snart begynder det franske energiselskab Total sin prøveboring efter skifergas i Vendsyssel – kun få kilometer fra flere private vandværker. Boringen skal føres ned i det skiferlag, som findes 3-4 km nede i den nordjyske undergrund og 1-2 km horisontalt ind i selve skiferlaget. Håbet er at finde gas. Gassen skal muligvis frigøres ved hydraulisk frakturering, en metode der har været anvendt i Nordsøen i årtier. Her pumper flere tusind kubikmeter vand, sand og kemikalier ned i dybderne under højt tryk for at skabe sprækker i skiferen, så gassen kan frigives. Udsigten til, at der skal tilføres kemikalier til undergrunden har skabt bekymring hos områdets vandværker.

Af N. Toftegaard (FVD), Vandposten nr. 186, s. 58-63, november 2012.

### Geologiske seværdigheder på din smartphone - Nordisk geologisk app

Nu kan du finde beskrivelser af geologiske seværdigheder frem på din smartphone og få at vide, hvordan nogle af landets naturperler er blevet skabt. Den fælles nordiske app - GeoTreat giver nemlig adgang til geologiske seværdigheder i både Finland, Norge, Sverige og Danmark. GeoTreat er i første omgang udviklet til Android-telefoner.

I Danmark kan man foreløbig finde oplysninger om 14 områder med en spændende geologi. De er udvalgt blandt landets værdifulde geologiske steder, som er områder, der fortæller en historie om, hvordan Danmark blev til.

Se nyhed af 13. november 2012 på [geus.dk](http://geus.dk)



### 7. Råstoffer

#### Mineralske råstoffer

Udviklingen i et samfund er betinget af adgangen til mineralske råstoffer. Der er således brug for at finde, bryde og forarbejde mineralske råstoffer. De mineralske råstoffer omfatter metalliske mineraler, industrimineraler, tilslagsmaterialer (sand, grus osv.) samt facade- og smykkesten. Alle er de karakteriseret ved, at de danner grundlag for produktion af næsten alt, hvad vi omgiver os med. Men behovene for mineralske råstoffer ændres gennem tiderne, fra stenaldermandens brug af flint til redskaber til vore dages forbrug af en lang række af råstoffer til infrastruktur og teknologi. Og vi bruger stadig stigende mængder af mineralske råstoffer. Rapporten indeholder bl.a. artikler om mineralske råstoffer, kritiske mineraler, Maniitsoq-krateret og råstoffernes dynamik.

Af M. Binnerup (GEUS), *Geoviden* nr. 4, december 2012 (ISSN1604-6935). Læs mere på [geocenter.dk](http://geocenter.dk)

### 8. Andet

#### Vandplaner og vanddata på Danmarks Arealinformation

Det seneste år er vandplanerne samt syv nye vandtemaer blevet publiceret på Arealinformation, og flere er på vej. Temaerne giver mulighed for at finde specifikke målestationer og få data fra eksempelvis fysiske og kemiske feltmålinger og analyser i vandløb, søer og marine områder.

Af S. Madsen (Danmarks Miljøportal), *Teknik & Miljø* nr. 11, s. 51, november 2012 (ISSN 1902-2654).

# kursus KALENDEREN

## Andre møder

Dato	Hvem	Hvad	Hvor	Mere info
16.-19. april 2013	The Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ)	<b>CONSOIL 2013 - 12th International UFZ-Deltares Conference on Groundwater-Soil-Systems and Water Resource Management</b>	Barcelona, Spanien	<a href="http://www.aquaconsoil.org/AquaConSoil2013/Start.html">http://www.aquaconsoil.org/AquaConSoil2013/Start.html</a>
23.-24. april 2013	Dansk Affaldsforening og GEO	<b>Kursus i prøvetagning af jord</b>	Klintholm I/S, Klintholmvej 59, 5874 Hesselbjerg, v. Svendborg	<a href="http://www.danskaaffaldsforening.dk">http://www.danskaaffaldsforening.dk</a>
29. april 2013	ATV Jord og Grundvand	<b>Projekter med forurenede jord</b>	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	<a href="http://www.atv-jord-grundvand.dk">http://www.atv-jord-grundvand.dk</a>
16.-17. maj 2013	CityChlor	<b>CityChlor final conference</b>	Ghent, Belgium	<a href="http://www.citychlor.eu/">http://www.citychlor.eu/</a>
23. maj 2013	ATV Jord og grundvand	<b>Ny pesticidstrategi</b>	Radisson Blu, H.C. Andersens Hotel, Claus Bergsgade 7, 5000 Odense	<a href="http://www.atv-jord-grundvand.dk">http://www.atv-jord-grundvand.dk</a>
29.-30. maj 2013	KTC/Envina	<b>Natur- og Miljøkonference 2013</b>	Hotel Nyborg Strand, Nyborg	<a href="http://www.naturogmiljo2013.dk">http://www.naturogmiljo2013.dk</a>
29.-31. maj 2013	The Slovak Environmental Agency	<b>International conference Contaminated sites 2013 Bratislava</b>	Bratislava, Slovak Republic	<a href="http://contaminated-sites.sazp.sk/">http://contaminated-sites.sazp.sk/</a>
12.-14. juni 2013	NICOLE	<b>Workshop: Implementation of Sustainability in Management of Contaminated Land</b>	Lisabon, Portugal	<a href="http://www.nicole.org">http://www.nicole.org</a>
18. juni 2013	ATV Jord og Grundvand	<b>Risikovurdering</b>	Schæffergården, Jægersborg Allé 166, Gentofte	<a href="http://www.atv-jord-grundvand.dk">http://www.atv-jord-grundvand.dk</a>
20.-21. august 2013	Det Danske Center for Miljøvurdering	<b>Miljøvurderingsdag 2013</b>	Ålborg	<a href="http://www.dcea.dk/mvd2012/">http://www.dcea.dk/mvd2012/</a>
27.-28. august 2013	Det Danske Center for Miljøvurdering	<b>Miljøvurderingsdag 2013</b>	København	<a href="http://www.dcea.dk/mvd2012/">http://www.dcea.dk/mvd2012/</a>
4.-5. september 2013	Envina	<b>Råstof-årsmøde</b>	Sønderborg, Hotel Comwell	<a href="http://www.envina.dk/">http://www.envina.dk/</a>
9.-10. oktober 2013	ICCL	<b>11th Meeting of the International Committee on Contaminated Land (ICCL)</b>	Tsogo Sun Hotel, Elangeni, Durban - Kwazulu – Natal Province, South Africa	<a href="http://www.iccl.ch/meetings.html">http://www.iccl.ch/meetings.html</a>



**Videncenter  
for Jordforurening**

### Videncenter for Jordforurening

Dampfærgevej 22  
Postboks 2593  
2100 København Ø  
[jordforurening@regioner.dk](mailto:jordforurening@regioner.dk)  
[www.jordforurening.info](http://www.jordforurening.info)  
Fax 3529 8300

### Jordforurening.info

udgives af Videncenter for  
Jordforurening og udkommer  
fire gange årligt på papir og  
elektronisk.

**Redaktør:** Kit Jespersen

**Layout:** Kristine Wulff  
Danske Regioner

**Tryk:** Danske Regioner